215
T18w1

Z 15/1

ЗАПИСКИ
ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ГЕОГРАФИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.
ПО ОБЩЕЙ ГЕОГРАФІИ.
ТОМЪ XVIII, № 1,
ИЗДАННЫЙ ПОДЪ РЕДАКЦІЕЮ Д. ЧЛ. Ю. М. ШОКАЛЬСКАГО.

БАРОМЕТРИЧЕСКІЯ НАБЛЮДЕНІЯ

НА УДАЛЕННЫХЪ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХЪ СТАНЦІЯХЪ

и

ВО ВРЕМЯ ПУТЕШЕСТВІЙ.

Р. Н. САВЕЛЬЕВЪ.

1085/7

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.
ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.
Вас. Остр., 9 лин., № 12.
1888.

2197

ЗАПИСКИ
ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ГЕОГРАФИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.
ПО ОБЩЕЙ ГЕОГРАФІИ.
ТОМЪ XVIII, № 1,
ИЗДАННЫЙ ПОДЪ РЕДАКЦІЕЮ Д. ЧЛ. Ю. М. ШОКАЛЬСКАГО.

БАРОМЕТРИЧЕСКІЯ НАБЛЮДЕНІЯ

НА УДАЛЕННЫХЪ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХЪ СТАНЦІЯХЪ

и

ВО ВРЕМЯ ПУТЕШЕСТВІЙ.

Р. Н. САВЕЛЬЕВЪ.

1085/1

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.
ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.
Вас. Остр., 9 лин., № 12.
1888.

Напечатано по распоряженію Императорскаго Русскаго Географическаго Общества.

ГОСУД. РОССІЙСКІЙ ИСТОРИЧЕСКІЙ МУЗЕЙ
№ 2967а
30-X-1925
БИБЛІОТЕКА.

I. Общій взглядъ. Ртутные барометры. Анероиды.

Настоятельная необходимость въ точныхъ барометрическихъ наблюденіяхъ, какъ на метеорологическихъ станціяхъ, такъ особенно во время дальнихъ или трудныхъ путешествій (въ интересахъ гипсометріи) не подлежитъ ни малѣйшему сомнѣнію; между тѣмъ, къ сожалѣнію, именно у насъ въ Россіи такія наблюденія, вслѣдствіе громадности разстояній и затруднительности перевозки барометровъ по дурнымъ дорогамъ, наиболѣе трудны и наименѣе точны; какъ на примѣры укажу:

1) На экспедицію на сѣверъ Урала чл. сотр. Географическаго Общества Носилова, который, за порчею барометровъ, вовсе лишенъ былъ возможности дѣлать барометрическія наблюденія.

2) На метеорологическія наблюденія въ Березовѣ, Обдорскѣ и Туруханскѣ, ведущіяся исключительно по анероидамъ, точныя поправки коихъ намъ неизвѣстны, почему и выходитъ, что мы еще весьма мало знаемъ о распредѣленіи атмосфернаго давленія на дальнемъ сѣверо-востокѣ и т. д.

Вотъ причины, побудившія меня изложить мои взгляды и опыты по вопросу о томъ — какіе именно инструменты наиболѣе пригодны для измѣренія атмосфернаго давленія во время путешествій и на удаленныхъ метеорологическихъ станціяхъ.

Какъ извѣстно, наиболѣе надежнымъ инструментомъ для измѣренія давленія атмосферы считается ртутный барометръ; съ другой стороны именно этотъ барометръ и принадлежитъ къ числу инструментовъ, требующихъ весьма большей осторожности при перевозкѣ; поэтому употребленіе ртутныхъ барометровъ въ путешествіяхъ представляется крайне затруднительнымъ, и я ограничусь лишь краткими указаніями на бо́льшую или меньшую примѣнимость барометровъ разныхъ системъ.

Болѣе всего путешественниками употребляются барометры резервуарные и именно — системъ Фортеня и Паррота; эти барометры, въ большинствѣ случаевъ, хорошо выносятъ перевозку, однако же они оставляютъ еще желать очень многаго:

1) Всетаки они не могутъ быть пересылаемы, напримѣръ, почтою, а должны быть перевозимы съ извѣстною осторожностію въ рукахъ, такъ какъ въ собранномъ видѣ они не выдерживаютъ пересылки, а при сборкѣ и разборкѣ (если переслать инструментъ въ разобранномъ видѣ) поправки ихъ существенно мѣняются.

2) Въ случаѣ проникновенія воздуха въ пустоту — невозможно опредѣлить его упругость.

3) Вслѣдствіе неоднообразной установки внизу и вверху барометра, личная ошибка довольно велика [1]) и т. д.

Резервуарные барометры остальныхъ системъ вовсе не употребляются путешественниками и о нихъ я и не буду распространяться, равно какъ и о барометрахъ сифонныхъ (Гей-Люсака), которые нынѣ употребляются весьма рѣдко [2]).

---

[1]) Какъ все вышесказанное, такъ и дальнѣйшее о барометрахъ и анероидахъ Ноде — столь общеизвѣстно, что я не вижу надобности въ ссылкахъ на источники.

[2]) Сравнительно недавно г. Краевичемъ предложенъ барометръ совершенно новаго типа; на сколько мнѣ извѣстно, барометръ этотъ еще не былъ подверженъ практическимъ испытаніямъ, тѣмъ болѣе во время путешествій, почему я и воздержусь пока говорить о немъ что-либо; въ настоящее время 2 такихъ барометра работаютъ на метеор. ст. въ Елисаветградѣ и Коростышевѣ, причемъ постоянно сравниваются съ другими точными инструментами, и я надѣюсь вскорѣ обработать полученныя такимъ образомъ данныя.

Изъ барометровъ сифоно-резервуарныхъ наибольшею извѣстностію пользуется барометры системы Вильда-Фусса; но эти барометры, вслѣдствіе крайне сложной системы стеклянныхъ трубокъ, притомъ лишь весьма слабо соединенныхъ съ металлическою оправою, очень часто бьются при перевозкѣ по плохимъ дорогамъ, почему и признаны [1]) мало пригодными для путешественниковъ; сифоно-резервуарные барометры системы Туреттини, какъ доказано неоднократными поѣздками членовъ Главной Физической Обсерваторіи, весьма удовлетворительно выдерживаютъ даже довольно трудныя перевозки, и, послѣ введенныхъ мною улучшеній [2]), могутъ быть пересылаемы въ разобранномъ видѣ, причемъ, отъ сборки и разборки, поправка ихъ совершенно не мѣняется; но такъ какъ не зависящія отъ меня обстоятельства не позволили мнѣ опубликовать подробное описаніе и чертежи этого барометра, и они еще мало распространены, то и сужденіе о нихъ я отлагаю до другаго случая; однако же я самъ признаю, что и въ такомъ усовершенствованномъ видѣ, они представляютъ нѣкоторыя неудобства для путешествій, такъ какъ частая сборка и разборка барометра — нѣсколько утомительны и требуютъ извѣстнаго навыка въ обращеніи съ инструментами, а перевозка въ рукахъ наполненнаго барометра можетъ иногда стѣснить путешественника.

Вотъ почему путешественники иногда бываютъ вынуждены удовольствоваться наблюденіями только по анероидамъ [3]), къ обозрѣнію коихъ я и перейду.

Какъ доказали многочисленные опыты (на метеор. станціяхъ Россіи), анероиды Ноде вполнѣ пригодны для метеорологическихъ наблюденій, но однако подъ условіемъ періодическаго ихъ кон-

---

[1]) Постановленіе Совѣта Имп. Р. Геогр. Общ. 2 Апр. 1885 г.

[2]) Причемъ устранены также и другіе, выяснившіеся практикою, недостатки этихъ барометровъ; подобный барометръ былъ мною демонстрированъ въ Засѣданіи Метеор. Ком. Имп. Р. Геогр. Общ. 11 Декабря 1885 года.

[3]) Какъ напр. при восхожденіи Иванова на Эльборусъ, при барометрической нивелировкѣ по долинѣ р. Ваги Кузнецова (Зап. Имп. Р. Геогр. Общ. 1884 г. вып. 5, стр. 477, и 1886 г. вып. 5, стр. 543) и т. д.

троля по болѣе надежному инструменту, такъ какъ поправки этихъ анероидовъ мѣняются съ теченіемъ времени (вообще весьма незначительно), а главное отъ случайныхъ сильныхъ толчковъ (особенно во время пересылокъ, перевозокъ и т. д.); поэтому и необходимо позаботиться, чтобы метеорологическія станціи, наблюдающія только по анероидамъ, могли получить еще и инструменты для ихъ контроля; для путешествій же употребляются, преимущественно, анероиды системы Гольдшмидта, улучшенные Хотингеромъ и изготовляемые нынѣ въ мастерской преемника послѣдняго, г. Устери-Рейнахера, въ Цюрихѣ; я приведу наблюденія мои надъ однимъ такимъ карманнымъ анероидомъ.

Этотъ анероидъ, подъ № 1394, присланъ мнѣ въ концѣ 1885 года изъ Цюриха, съ приложеніемъ таблицъ поправокъ его скалы, а равно и поправокъ на измѣненія температуры; изъ многократныхъ сравненій его съ контрольнымъ барометромъ Туреттини № 113 я нашелъ слѣдующее:

1) Отъ пересылки анероида изъ Цюриха ко мнѣ (въ Льговъ, Курской губ.) поправка измѣнилась на — 2,7 мм.

2) Въ Январѣ и Февралѣ 1886 года поправка эта получалась однообразная, не завися отъ высоты барометра, конечно, принимая во вниманіе табличныя поправки анероида, слѣдовательно таблицы были составлены правильно.

3) Съ Января по 11 Мая 1886 г. поправка анероида измѣнялась весьма слабо и равномѣрно, не смотря на то, что между концемъ Февраля и началомъ Апрѣля анероидъ этотъ былъ посланъ по почтѣ въ Соликамскій уѣздъ, Пермской губерніи (для приблизительнаго опредѣленія поправки анероида метеорологической станціи въ Дедюхинѣ) и оттуда возвращенъ мнѣ.

4) Въ ночь съ 11 на 12 Мая я имѣлъ неосторожность оставить анероидъ въ карманѣ пальто (во время поѣздки по просьбѣ Главной Физической Обсерваторіи для осмотра метеор. ст. въ Нѣжинѣ) и, вѣроятно по неосторожности прислуги, онъ подвергся сильнымъ сотрясеніямъ, почему и измѣнилъ свою поправку отъ — 2,0 до + 0,2 мм.

5) Съ 12 Мая по начало Ноября поправка продолжала равномѣрно увеличиваться.

6) Въ Ноябрѣ и Декабрѣ было замѣчено, что анероидъ при разныхъ стояніяхъ барометра имѣетъ различныя поправки, такъ:

Поправка была	при высотѣ барометра около
3 Ноября = + 2,1	764 мм. (10 сравн.)
16 Декабря = + 1,5	748 » (12 сравн.)
29 Декабря = + 1,6	749 » (16 сравн.)
23 Января = + 0,8	726 » (14 сравн.)
9 Февраля = + 1,7	767 » (8 сравн.).

Поэтому анероидъ этотъ былъ отосланъ къ Рейнахеру въ Цюрихъ, гдѣ исправленъ (что именно съ нимъ сдѣлано, мнѣ въ точности неизвѣстно) и вновь вывѣренъ; эта вывѣрка подтвердила мои сравненія, такъ какъ оказалось, что 70 дѣленій анероида (отъ 730 до 800) нынѣ соотвѣтствуютъ измѣненію ртутнаго барометрическаго столба въ 73,9 мм., тогда какъ прежде цѣна ихъ была 72,2 мм. Если примѣнить вновь составленную Рейнахеромъ таблицу поправокъ къ вышеприведеннымъ моимъ сравненіямъ, то окажется, что поправка анероида № 1394 была:

3 Ноября	1886 г.	= 1,3	мм.
16 Декабря	»	= 1,1	»
29 Декабря	»	= 1,2	»
23 Января	1887 г.	= 1,0	»
9 Февраля	»	= 0,9	»
въ среднемъ		1,1 ± 0,1.	

7) При пересылкѣ изъ Цюриха ко мнѣ (въ Іюнѣ 1887) поправка анероида нисколько не измѣнилась и получалась = 0,0 при разныхъ стояніяхъ барометра.

8) Съ этого времени поправка его остается до настоящаго времени (Октябрь 1887) довольно постоянною, колеблясь въ предѣлахъ ± 0,1 мм.

Изъ сказаннаго видно, что качество Гольдшмидтовыхъ анероидовъ можно резюмировать такъ: вообще поправка ихъ из-

мѣняется довольно правильно, и эти измѣненія не зависятъ отъ того, будетъ ли инструментъ въ покоѣ или подвергнется перевозкамъ, даже довольно далекимъ; однако же бываютъ стеченія обстоятельствъ, при коихъ поправка анероида измѣняется скачкомъ въ 2—3 мм.; сверхъ того новые анероиды существенно мѣняютъ свою чувствительность (т. е. цѣну своихъ дѣленій, въ миллиметрахъ ртутнаго столба).

Я особенно указываю на послѣднее обстоятельство потому, что небольшое измѣненіе цѣны дѣленій анероида можетъ, при обыкновенныхъ колебаніяхъ барометра на одномъ и томъ же мѣстѣ (около 25 мил. въ обѣ стороны отъ средней величины), оказать весьма малое вліяніе на показаніе анероида, а потому и остаться незамѣченнымъ; тогда какъ то же измѣненіе поправки, при значительномъ измѣненіи давленія (напр. при восхожденіи на высокую гору), поведетъ уже къ значительной ошибкѣ [1]).

Думаю, что изъ вышеприведенныхъ данныхъ можно вывести слѣдующія правила употребленія анероидовъ для измѣренія атмосфернаго давленія: всегда слѣдуетъ наблюдать непремѣнно 2 анероида (затѣмъ, чтобы всякій скачекъ въ поправкѣ немедленно былъ бы обнаруженъ), сравнивая ихъ періодически съ болѣе надежнымъ инструментомъ (для изученія медленнаго измѣненія поправки въ зависимости отъ времени); подобныя сравненія нужно дѣлать чаще при дальнихъ пересылкахъ и перевозкахъ инструмента и особенно при восхожденіяхъ на горы, значительной высоты; иными словами въ подспорье къ анероиду необходимъ другой болѣе надежный инструментъ, но уже не для постоянныхъ наблюденій, а только для періодическаго контроля анероидовъ.

Выше мы видѣли, что ртутные барометры для этой цѣли мало пригодны; я думаю, что единственный инструментъ, вполнѣ пригодный для такого употребленія, есть гипсотермометръ, раціонально построенный.

---

[1]) Koppe. Ueber die verbesserten Goldschmidschen Aneroide (Eisenbahn, № 16, Band XVI).

II. Новѣйшіе опыты съ гипсотермометрами.

Уже давно Вильдъ [1]) показалъ, что гипсотермометръ можетъ давать достаточно точно величину атмосфернаго давленія, но только при соблюденіи слѣдующихъ условій:

1) чтобы гипсотермометръ, передъ отсчетомъ, неоднократно находился довольно долгое время въ парахъ кипящей воды и

2) чтобы гипсотермометръ періодически сравнивался съ ртутнымъ барометромъ.

Послѣднее обстоятельство дѣлало гипсотермометръ совершенно непригоднымъ для постояннаго употребленія на метеорологическихъ станціяхъ и во время весьма продолжительныхъ путешествій; вообще же даже соблюденіе перваго условія дѣлало употребленіе гипсотермометра очень затруднительнымъ, а въ соединеніи съ нѣкоторыми практическими недостатками такихъ гипсотермометровъ (напр. черезъ чуръ большіе резервуары и т. п.), до крайности ограничивало распространеніе гипсотермометровъ.

Необходимость періодическаго сравненія гипсотермометра съ барометромъ вызывалась тѣмъ обстоятельствомъ, что стекло, изъ котораго выдутъ шарикъ гипсотермометра, нѣсколько измѣняетъ свое внутреннее строеніе, какъ подъ вліяніемъ времени, такъ равно и при перемѣнѣ температуръ, а именно: объемъ резервуара постепенно уменьшается съ теченіемъ времени и увеличивается—съ повышеніемъ температуры; такъ напр. если термометръ, сдѣланный изъ нѣмецкаго стекла и сохранявшійся долгое время при обыкновенной комнатной температурѣ, подвергнуть продолжительному нагрѣванію въ парахъ кипящей воды, то показанія термометра быстро понизятся, зачастую на цѣлыя $0^{\circ}8$; наоборотъ — если только что изготовленный термометръ (изъ французскаго хрусталя) показываетъ въ тающемъ льдѣ ровно 0°, то, оставленный въ покоѣ при обыкновенной температурѣ, онъ черезъ годъ покажетъ (тоже въ тающемъ льдѣ) около $0^{\circ}5$ выше ноля.

[1]) Метеор. Сборн. т. II и III.

Эти измѣненія объема резервуара и зависящія отъ нихъ измѣненія поправокъ при 0° и при 100° до послѣдняго времени были столь мало изучены[1]), что исключать измѣненіе поправки при 100° посредствомъ опредѣленія измѣненія поправки при 0° нечего было и думать; вотъ почему гипсотермометры и имѣли, обыкновенно, скалу только отъ 90° и выше (хотя въ разныхъ курсахъ физики и рисовались гипсотермометры, имѣющіе и 0° и 100°, но таковые, въ дѣйствительности, не употреблялись) и измѣненіе поправки гипсотермометра приходилось, волей неволей, опредѣлять только посредствомъ сравненій съ барометромъ.

Лишь сравнительно весьма недавно, Перне[2]) доказалъ, что перемѣщеніе точки 100° (въ парахъ кипящей воды) вполнѣ равняется перемѣщенію точки 0°, при условіи опредѣленія послѣдней *немедленно* послѣ отсчета температуры кипѣнія и что, такимъ образомъ, разстояніе между такъ называемыми постоянными точками термометра, есть величина дѣйствительно постоянная, не зависящая ни отъ возраста термометра (времени, протекшаго отъ момента изготовленія термометра), ни отъ обхожденія съ термометромъ до его нагрѣванія; затѣмъ Перне распространилъ это правило и на всякія другія температуры и показалъ, что ртутные термометры (изъ одинаковаго стекла) даютъ вполнѣ согласныя между собою показанія, если принять во вниманіе точку 0°, опредѣленную немедленно вообще послѣ всякаго измѣренія температуры.

Эти открытія, а равно и техническія усовершенствованія въ дѣлѣ изготовленія и изученія термометровъ, дали мнѣ мысль попытаться построить такой гипсотермометръ, въ которомъ измѣненіе поправки при 100° измѣрялось бы не сравненіемъ съ ртутнымъ барометромъ, а просто измѣреніемъ перемѣщенія

---

[1]) Петрушевскій. Курсъ Наблюдательной Физики. т. I, стр. 204 и 205 (изд. 1874).

[2]) Pernet. Sur les moyens d'éliminer dans l'évalution des températures l'influence de la variation des points fixes. (Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures, T. I.)

точки 0° (въ тающемъ льдѣ), т. е. такой, который, будучи разъ вывѣренъ, впредь повѣрялся бы самъ собою; приэтомъ я разсуждалъ слѣдующимъ образомъ: перемѣщеніе точки 100° происходитъ отъ измѣненія объема шарика; такъ какъ въ новѣйшихъ термометрахъ, изготовленныхъ изъ твердаго зеленаго стекла[1]) (не содержащаго поташа), точка 0° перемѣщается, какъ съ теченіемъ времени, такъ и подъ вліяніемъ нагрѣваній, лишь въ предѣлахъ $\pm 0°,1$, то объемъ резервуара термометра измѣняется, слѣдовательно, въ предѣлахъ

$$\pm 0,1 \times 0,000154 = \pm 0,0000154$$

своего объема, а слѣдовательно объемъ внутренности термометрическаго канала и его расширенія между точками 0° и 100° не можетъ измѣниться болѣе чѣмъ на ту же величину, т. е., выражая ее въ градусахъ, на $\pm 0°,00154$, что соотвѣтствуетъ, при температурѣ кипѣнія воды, перемѣнѣ высоты барометра на 0,05 мм., величина, для практики, не имѣющая существеннаго значенія; въ дѣйствительности же она должна быть еще менѣе, такъ какъ трубка и промежуточное расширеніе, имѣя стѣнки значительной толщины, несомнѣнно, должны измѣнять свой объемъ гораздо менѣе, чѣмъ резервуаръ термометра, выдутый изъ довольно тонкаго стекла.

Послѣ нѣкоторой переписки между мною, Dr. Broch'емъ[2]) и Baudin'омъ, послѣдній построилъ для меня слѣдующій гипсотермометръ № 10825. Инструменъ сдѣланъ изъ твердаго стекла и имѣетъ скалу, назначенную на самой трубкѣ, отъ $-1°,04$ до $+5°,06$ и отъ $94°,66$ до $101°,44$ съ промежуточнымъ расширеніемъ термометрическаго канала; каждый градусъ занимаетъ

---

[1]) Dr. Guillaume. Etudes Thermométriques. (Tr. et Mém. du Bureau Int. des P. et Mes., T. V.)

[2]) Пользуюсь настоящимъ случаемъ, чтобы заявить искреннѣйшую мою признательность какъ директору Международнаго Бюро Мѣръ и Вѣсовъ, доктору Brosch, такъ равно и его помощнику, д-ру René-Benoit, и завѣдывающему термометрическимъ отдѣломъ того же бюро д-ру Guillaume, которые оказывали неоднократно мнѣ большую помощь въ настоящей работѣ добрыми совѣтами и присылкою своихъ трудовъ.

32,87 мм. длины скалы и раздѣленъ непосредственно на 0°,02; резервуаръ имѣетъ форму цилиндра съ заостренными концами, наружный діаметръ его 9,4 мм., средняя длина 41,5 мм., слѣдовательно внутренній діаметръ термометрическаго канала около 0,1 мм. Тотчасъ же по изготовленіи (въ Февралѣ 1886 г.) термометръ этотъ былъ переданъ для изученія въ Международное Бюро Мѣръ и Вѣсовъ; въ концѣ Февраля и началѣ Марта д-ръ Гильомъ опредѣлилъ разстояніе между постоянными точками, причемъ оказалось, что поправка этой постоянной длины = — 0°,0127; такъ какъ опредѣленія дѣлались въ горизонтальномъ и вертикальномъ положеніи инструмента, то изъ нихъ же выведенъ коэффиціентъ расширенія термометрическаго сосуда подъ вліяніемъ измѣненія давленій внѣшняго и внутренняго; затѣмъ въ Апрѣлѣ д-ръ Гильомъ, черезъ сравненіе моего термометра № 10825 съ термометромъ Tonnellot № 4330, опредѣлилъ для перваго поправку при 5° относительно абсолютной скалы азота, и наконецъ въ Маѣ термометръ былъ калибрированъ; такимъ образомъ всѣ поправки термометра № 10825 были изслѣдованы, и въ началѣ Августа я уже могъ приступить къ изученію вопроса о перемѣщеніи постоянныхъ точекъ въ этомъ термометрѣ.

Съ этою цѣлію я болѣе года по временамъ опредѣлялъ температуру, указываемую термометромъ № 10825 въ тающемъ льдѣ и въ парахъ кипящей воды, сравнивая его показанія съ показаніями хорошаго барометра; дѣлалось это такимъ образомъ.

Мелко наскобленный ледъ плотно насыпался въ стеклянную воронку, емкостію около 0,6 литра, промывался тамъ дистилированною (или фильтрованною, прокипяченною) водою, затѣмъ, когда эта вода стечетъ, нижнее отверстіе воронки закрывалось пробкою и ледъ вновь смачивался водою на столько, чтобы онъ весь пропитался ею, и только тогда въ эту смѣсь льда съ водою погружался термометръ; опредѣленіе точки 0° обыкновенно дѣлалось, по возможности, немедленно послѣ нагрѣванія термометра въ парахъ кипящей воды, но иногда я дѣлалъ такое из-

мѣреніе и до кипяченія. Для кипяченія служилъ мнѣ жестяной аппаратъ, системы и работы Бодэна, отличающійся отъ классическаго аппарата Реньо (рисуемаго во всѣхъ курсахъ физики) только тѣмъ, что двойная труба для паровъ сдѣлана раздвижною, такъ что, установивъ резервуаръ термометра въ самомъ кипятильникѣ на 10—20 мм. отъ поверхности кипящей воды, я могъ регулировать длину трубъ такимъ образомъ, чтобы весь ртутный термометрическій столбикъ помѣщался въ трубахъ (а слѣдовательно и имѣлъ температуру паровъ кипящей воды) и высовывался оттуда къ верху лишь на столько, на сколько необходимо для производства отсчета (обыкновенно на протяженіи менѣе 0°,1); кипяченіе воды производилось посредствомъ спиртовой лампы; отсчетъ термометра дѣлался (посредствомъ простой лупы) минуты черезъ 2 послѣ того, какъ изъ внѣшней трубы начнетъ уже выходить паръ. Вообще, передъ отсчетомъ термометра № 10825 я дѣлалъ рядъ небольшихъ постукиваній (стекляною пластинкою) по его трубкѣ вблизи вершины ртутнаго столбика для того, чтобы преодолѣть до нѣкоторой степени дѣйствіе волосности. Передъ отсчетомъ термометра въ парахъ кипящей воды, я отсчитывалъ контрольный сифоно-резервуарный барометръ Туреттини № 113 (съ трубкою 11 мм. и ноніусомъ, дающимъ непосредственно 0,05 мм.), постоянная поправка коего выведена мною изъ многочисленныхъ сравненій его съ моимъ же контрольнымъ барометромъ Фусса № 167, который былъ повѣренъ по нормальному барометру Главной Физической Обсерваторіи (непосредственно и черезъ посредство 2-хъ другихъ контрольныхъ барометровъ); я приводилъ его показанія къ 0° при помощи таблицъ Гюйо, а затѣмъ вводилъ еще поправку на приведеніе силы тяжести къ уровню моря, подъ 45° широты; какъ величина этой поправки [1]), такъ равно и упругость паровъ брались изъ таблицъ Dr. Brosch'a [2]).

---

[1]) Broch. Accélération de la pesanteur sous différentes latitudes et à différentes altitudes. Travaux et Mémoires du Bureau Intern. T. I.

[2]) Broch. Points fixes des therm. et tempér. d'ébullition de l'eau pure, тамъ же.

Въ приложеніи даны результаты этихъ опытовъ[1]), причемъ отсчеты термометра № 10825 исправлены уже всѣми поправками, опредѣленными въ Международномъ Бюро; поэтому слѣдовало бы думать, что показанія барометра и термометра получатся вполнѣ между собою согласныя, между тѣмъ въ графахъ 10 и 11 таблицы мы видимъ, что между показаніями обоихъ инструментовъ замѣчается разница, а именно, термометръ даетъ температуру кипѣнія нѣсколько низкую, въ среднемъ на 0°,0162, что соотвѣтствуетъ ошибкѣ въ отсчетѣ барометра на 0,43 мм.; однако разница эта нисколько не измѣнилась въ теченіи года, и какъ въ началѣ, такъ и въ концѣ опытовъ колеблется (въ среднемъ изъ каждой серіи опытовъ) отъ 0°,0156 до 0°,0175 (или отъ 0,41 до 0,46 мм. ртутнаго столба въ давленіи воздуха); этого обстоятельства вполнѣ достаточно для того, чтобы можно было вывести заключеніе, что въ теченіе года, вскорѣ послѣ изготовленія, термометръ сохранилъ свои поправки и можетъ служить для точнаго измѣренія температуры кипѣнія, а слѣдовательно и давленія воздуха; а такъ какъ всякія измѣненія въ строеніи стекла происходятъ особенно сильно именно въ теченіи перваго времени по изготовленіи термометра, то съ увѣренностію можно сказать, что и впредь поправки темометра не измѣнятся. Если же это такъ, то является вопросъ, откуда же могла взяться столь значительная постоянная разница между показаніями барометра и термометра, такъ какъ трудно допустить, чтобы эта разница произошла отъ измѣненія структуры стекла термометра, потому что тогда пришлось бы признать:

1) что въ теченіе перваго полугодія въ термометрѣ произошло какое-то быстрое измѣненіе, впослѣдствіи совершенно прекратившееся, тогда какъ извѣстно, что термометры перемѣщаютъ свои нормальныя точки (отъ измѣненія внутренняго строенія

---

[1]) Я привожу полностію наблюденія для того, чтобы съ одной стороны, лучше показать степень точности работы съ гипсотермометромъ, а съ другой — дать возможность легче провѣрить нижеслѣдующіе мои выводы.

стекла) лишь весьма плавно, что ясно видно и изъ моихъ опытовъ (графы 4 и 12 приложенія) и

2) что въ теченіе перваго полугодія внутренній объемъ термометрическаго канала и расширенія въ немъ увеличился, тогда какъ извѣстно, что емкость стеклянаго сосуда (резервуара термометра, а по аналогіи также и термометрическаго канала) съ теченіемъ времени уменьшается.

Отсюда видимъ, что разницу эту никоимъ образомъ нельзя приписать самому термометру, а происхожденіе ея слѣдуетъ искать въ другихъ обстоятельствахъ, вѣрнѣе же всего въ различіи аппаратовъ для кипяченія, употребленныхъ при работахъ съ этимъ термометромъ мною и въ Международномъ Бюро, и вотъ почему: Бодэнъ изготовляетъ термометры столь превосходно, что они, обыкновенно, не нуждаются въ повѣркѣ [1]), имѣя поправки значительно менѣе точности отсчета, почему и должно полагать, что и въ данномъ термометрѣ разстояніе отъ 0° до 100° было имъ назначено довольно вѣрно; если же это такъ, то, отбросивъ поправку — 0°,0127, найденную для этого разстоянія въ Международномъ Бюро, мы найдемъ, что теперь, черезъ полтора года по построеніи термометра, послѣдній показываетъ температуру кипѣнія только на 0°,0036 (или 0,1 мм. ртутнаго барометрическаго столба) менѣе, чѣмъ показывалъ Бодэну (въ такомъ же точно, какъ у меня, аппаратѣ) во время своего изготовленія; столь ничтожная разница легко можетъ быть объяснена разницею нашихъ барометровъ, и т. д.

Лишь весною 1887 г. я, благодаря любезности д-ра Гильома, получилъ, только что отпечатанный, послѣдній его трудъ [2]), въ которомъ, между прочимъ, описанъ новый аппаратъ Международнаго Бюро, служащій для повѣрки точки 100°; этотъ аппа-

---

[1]) Travaux et Mémoires du Bureau International, T. I, p. C. 27, 28; Witz. Cours de Manipulations de Physique, p. 30; Crova. Mesure de l'intensité calorique des radiations solaires, p. 37 и т. д.

[2]) Guillaume. Etudes thermométriques, отдѣльный оттискъ изъ 1-й части V тома Travaux et Mém. du Bureau Intern.

ратъ отличается главнымъ образомъ тѣмъ, что двойная труба, по которой циркулируетъ паръ, сдѣлана не постоянною, какъ это обыкновенно дѣлается, а качающеюся, такъ что весьма легко сдѣлать на термометрѣ рядъ отсчетовъ точки кипѣнія поперемѣнно, въ горизонтальномъ и вертикальномъ положеніи инструмента; а такъ какъ приэтомъ ртуть въ термометрическомъ каналѣ получаетъ значительные толчки, то тѣмъ самымъ и преодолѣвается вліяніе волосности; Гильомъ особенно указываетъ [1]) на это обстоятельство въ отношеніи термометровъ, подобныхъ моему, говоря, что ошибка отъ капиллярности можетъ, при такихъ условіяхъ, достигать до 0°,02 — величина, весьма близкая къ найденной мною поправкѣ + 0°,0162 для моего термометра № 10825. Вотъ почему я немедленно же устроилъ себѣ аппаратъ, принципіально сходный (хотя значительно упрощенный) съ аппаратомъ Международнаго Бюро, и въ концѣ Мая и началѣ Іюня произвелъ въ немъ рядъ наблюденій надъ показаніями гипсотермометра; все это дѣлалось мною такимъ образомъ.

Двойная жестяная труба (діаметры внутренней трубы 25 мм. и внѣшней 40 мм.) прикрѣплялась къ подставкѣ отъ подзорной трубы, что и позволяло давать вертикальное или горизонтальное положеніе этимъ трубамъ; во внутреннюю трубу вводился термометръ и укрѣплялся посредствомъ пробковыхъ и резиновыхъ колецъ; нижняя часть внутренней трубы соединялась гутаперчевою трубою съ кипятильникомъ, а наружная труба имѣла въ нижнемъ своемъ днищѣ нѣсколько отверстій для выпуска пара и конденсаціонной воды; такимъ образомъ паръ изъ кипятильника входилъ во внутреннюю трубу, поднимался по ней до ея верхняго конца, затѣмъ переходилъ въ наружную трубу и, опустившись по ней, выходилъ на воздухъ. Установивъ этотъ приборъ вертикально, я началъ кипятить воду и, спустя 2—3 минуты послѣ появленія пара изъ внѣшней оболочки, отсчитывалъ термометръ № 10825, затѣмъ наклонялъ аппаратъ и дѣлалъ отсчетъ въ гори-

[1]) Guillaume. Etudes thermométriques, отдѣльный оттискъ изъ 1-й части V тома Travaux et Mém. du Bureau Intern., p. 34.

зонтальномъ положеніи, потомъ опять въ вертикальномъ, наконецъ еще по разу въ горизонтальномъ и вертикальномъ положеніяхъ; понятно, что въ то же время записывалось показаніе барометра и, немедленно послѣ вышеуказанныхъ пяти отсчетовъ термометра, послѣдній погружался въ тающій ледъ; такимъ образомъ я опредѣлилъ слѣдующія поправки для разстоянія между постоянными точками термометра № 10825:

а) въ вертикальномъ положеніи:

до толчка, сообщеннаго качаніемъ, . . . изъ 10 наблюд. поправка = +0,0138 ± 0,002

послѣ опредѣленія въ гориз. положеніи, . . » 20 » » = +0,0081 ± 0,002

б) въ горизонт. положеніи . . » 20 » » = +0,0097 ± 0,002.

Отсюда очевидно, что преодолѣніе, посредствомъ наклоненія термометра, дѣйствія волосности уменьшаетъ поправку термометра до (въ среднемъ изъ 40 наблюденій) 0°,0089, т. е. почти до половины найденной мною въ аппаратѣ Бодэна величины; даже и до качанія, термометръ въ новомъ аппаратѣ показываетъ на 0°,0024 болѣе, чѣмъ въ прежнемъ, что, вѣроятно, происходитъ отъ того, что въ новомъ аппаратѣ резервуаръ термометра совершенно изолированъ отъ кипящей воды и, слѣдовательно, отъ ея брызгъ; вполнѣ возможно, и даже вѣроятно, что улучшивъ новый аппаратъ (напр. выпуская изъ наружной оболочки паръ не прямо въ воздухъ, а въ особый конденсаторъ, какъ это дѣлается въ Международномъ Бюро), можно было бы еще уменьшить, если только не уничтожить вовсе, разницу между показаніями термометра и барометра; однако, за недостаткомъ средствъ, я не нашелъ возможнымъ этого сдѣлать, тѣмъ болѣе, что съ одной стороны всетаки вопросъ о томъ, на сколько нормальный барометръ Главной Физической Обсерваторіи (а слѣдовательно и мой) раз-

нится отъ таковыхъ же барометровъ Международнаго Бюро оставался бы открытымъ, и объусловливаемыя этимъ разницы въ показаніяхъ термометра и барометра, всетаки не были бы выяснены; съ другой же стороны та роль, которую играетъ устройство аппарата для кипяченія, даже и вышеприведенными данными выяснена уже на столько, что именно этому обстоятельству и слѣдуетъ приписать значительность первоначально найденной мною поправки термометра; принимая же во вниманіе это обстоятельство, а также вышеуказанныя: неизмѣнность поправки во время всѣхъ моихъ опытовъ и хорошее ихъ согласіе съ назначеніемъ точки 100° Бодэномъ, легко прійдти къ заключенію, что *гипсотермометръ изъ твердаго зеленаго стекла, имѣющій на своей скалѣ 0° и 100°, и однажды выверенный, хотя бы тотчасъ же по его изготовленіи, будетъ постоянно давать вполнѣ согласныя съ барометромъ показанія температуры кипѣнія, при условіи немедленнаго, послѣ кипяченія, опредѣленія въ тающемъ льдѣ его поправки при 0° и при употребленіи для его наблюденій тѣхъ же приборовъ и способовъ, какіе были употреблены при повѣркѣ*, иными словами при соблюденіи этихъ условій такой гипсотермометръ можетъ замѣнить вполнѣ надежный барометръ.

Это обстоятельство весьма важно, такъ какъ подобные гипсотермометры, какъ и вообще всякіе термометры, отлично выносятъ перевозку и даже пересылку, почему я и полагаю, что распространеніе такихъ инструментовъ не заставитъ себя долго ожидать, и въ виду этого считаю нужнымъ нѣсколько подробнѣе разобрать свойства ихъ.

Разсматривая таблицы наблюденій, легко видѣть, что, въ среднемъ изъ каждой серіи, состоящей на кругъ изъ 5 наблюденій, мой термометръ даетъ свою поправку (а если она извѣстна, то величину атмосфернаго давленія) со среднею ошибкою $\pm$ 0,02 мм. ртутнаго столба, при средней ошибкѣ каждаго отдѣльнаго наблюденія $\pm$ 0,04 мм.; такая точность вполнѣ удовлетворяетъ самымъ строгимъ требованіямъ; слѣдуетъ обратить вниманіе, что это получилось при томъ условіи, что иногда гипсотермометръ наблю-

дался черезъ день, иногда же не употреблялся по цѣлымъ мѣсяцамъ; при этомъ видно, что, именно вслѣдствіи такого обращенія съ термометромъ, его нолевая точка перемѣщалась, хотя вообще весьма умѣренно, какъ подъ вліяніемъ времени, такъ и отъ нагрѣваній (притомъ вполнѣ согласно съ перемѣщеніемъ точки 100°), но все-таки же не вполнѣ равномѣрно; а такъ какъ опредѣленіе точки 0° требуетъ извѣстнаго времени и хлопотъ, то интересно посмотрѣть черезъ какіе промежутки времени было бы необходимо опредѣлять точку 0°, для того, чтобы въ промежутки между этими опредѣленіями, можно было считать перемѣщеніе точки 0° (или, что то же самое, поправку при температурѣ кипѣнія, принимая поправку при 0° = 0,000) пропорціональнымъ времени, съ достаточною для практики точностію. Отвѣтъ на этотъ вопросъ даетъ слѣдующая таблица, составленная мною для періода отъ 10 Сент. 1886 г. по 4 Сент. 1887 года, такъ, что во 2-й графѣ помѣщены поправки дѣйствительно наблюдавшіяся, въ графахъ же 3-й, 4-й и 5-й даны отклоненія, поправокъ наблюденныхъ отъ вычисленныхъ по интерполяціи черезъ 2, 3 и 6 мѣсяцевъ.

Время опыта.	Наблюдавшаяся поправка при температурѣ кипѣнія, считая поправку въ тающемъ льдѣ = 0,000.	Отклоненіе интерполированной поправки при температурѣ кипѣнія отъ наблюденой при интерполяціи:		
		черезъ 2 мѣсяца [1]).	черезъ 3 мѣсяца.	черезъ 6 мѣсяцевъ.
10 Сентября 1886	0,234	—	—	—
11 » »	0,234	± 0,000	± 0,000	± 0,000
3 Октября »	0,232	— 0,001	— 0,001	± 0,000
31 » »	0,225	+ 0,003	+ 0,004	+ 0,006
6 Ноября »	0,227	—	+ 0,001	+ 0,003
8 » »	0,227	± 0,000	+ 0,001	+ 0,003
5 Декабря »	0,225	+ 0,002	—	+ 0,003
12 » »	0,225	+ 0,001	— 0,001	+ 0,003
15 Января 1887	0,226	—	— 0,004	± 0,000
7 Марта »	0,221	+ 0,002	—	—
10 » »	0,223	—	— 0,002	— 0,003
10 Апрѣля »	0,220	+ 0,003	+ 0,003	+ 0,001
6 Іюня »	0,227	— 0,003	—	— 0,007
10 Іюля »	0,224	—	+ 0,001	— 0,004
17 » »	0,229	— 0,005	— 0,004	— 0,008
4 Сентября »	0,221	—	—	—
	Среднее	± 0,002	± 0,002	± 0,003

[1]) При вычисленіи этой графы поправка для 10 Мая принята = 0,224 на

Изъ разсмотрѣнія этой таблицы ясно видно, что измѣненіе объема резервуара термометра подъ вліяніемъ времени прекратилось къ Марту 1887 г. (т. е. къ концу года со дня построенія термометра), такъ какъ въ Мартѣ и въ Сентябрѣ, послѣ почти двухъ-мѣсячнаго покоя, получились однѣ и тѣ же поправки; однако же, въ промежутокъ между этими наблюденіями, поправка порядочно таки измѣняется въ зависимости отъ болѣе или менѣе частыхъ нагрѣваній инструмента; въ первое же изъ разсматриваемыхъ полугодій отчетливо виденъ и ходъ поправки подъ вліяніемъ времени. Во всякомъ же случаѣ, даже если бы пониженныя точки 0° были опредѣляемы только каждые полъ-года, то и тогда гипсотермометеръ далъ бы давленіе воздуха со среднею ошибкою только до $\pm$ 0,08 мм., и только въ 3-хъ случаяхъ съ ошибкою отъ 0,17 до 0,22 мм.; подобная точность, по моему мнѣнію, вполнѣ достаточна для путешественниковъ; несомнѣнно что точность показаній гипсотермометра была бы еще бо́льшая, если бы инструментъ не оставался по временамъ почти по 2 мѣсяца въ покоѣ, а иногда не употреблялся почти ежедневно; опредѣленіе нолевой точки 4 раза въ годъ даетъ среднюю точность наблюденія въ 0,06 мм. и только въ весьма рѣдкихъ случаяхъ приводитъ къ ошибкамъ до 0,11 мм., такая точность вполнѣ достаточна для наблюденій на метеорологическихъ станціяхъ, особенно если будетъ принято за правило употреблять гипсотермометръ черезъ, примѣрно, одинакіе промежутки времени. Наблюденіе же перемѣщенія нолевой точки каждые 2 мѣсяца даетъ точность отсчетовъ, удовлетворяющую самымъ взыскательнымъ требованіямъ и, во всякомъ случаѣ, бо́льшую чѣмъ та, съ какою извѣстны поправки путевыхъ барометровъ, съ коими чины Главной Физичечкой Обсерваторіи совершаютъ поѣздки для ревизіи метеорологическихъ станцій, а иногда даже и главнаго барометра этой Обсерваторіи [1]).

основаніи опредѣленій точки 0°, сдѣланныхъ при вышеупомянутыхъ опытахъ въ качающемся аппаратѣ.

[1]) Отчетъ Гл. Ф. Обс. за 1883—1884 г., стр. 45, 92 и 101. Jahresbericht für 1881—1882. S. 36, 37, 68, 69.

Прим. ред. — Случай измѣненія поправки главнаго барометра Обсерваторіи,

Возвращаясь опять къ разсмотрѣнію наблюденій, помѣщенныхъ въ приложеніи, увидимъ, что положеніе точки 0°, опредѣленное до кипяченія, понижается отъ неоднократныхъ кипяченій въ среднемъ около 0°,05 т. е. весьма мало; къ тому же пониженіе это совершается весьма быстро и, въ большинствѣ случаевъ, пониженная послѣ перваго кипяченія точка 0° отличается отъ средней величины всѣхъ наблюденій (данной серіи) пониженной точки не свыше 0°,003 т. е. даже первое наблюденіе, сдѣланное послѣ 2-минутнаго кипяченія, даетъ результатъ съ ошибкою менѣе 0,1 мм. ртутнаго барометрическаго столба; только въ 4 случаяхъ (15 и 26 Августа, 7 Марта и 4 Сентября) пониженная послѣ перваго кипяченія точка 0° опустилась въ среднемъ еще на 0°,004; допуская въ первыхъ 2-хъ случаяхъ возможность, вслѣдствіе новизны еще для меня такихъ работъ, нѣкоторыхъ ошибокъ, увидимъ, что только въ томъ случаѣ если гипсотермометръ не употреблялся болѣе мѣсяца полезно отбросить первое наблюденіе по немъ или до отсчета продержать его въ парахъ кипящей воды около 10 минутъ; понятно что соблюденіе этого условія важно только въ томъ случаѣ если положеніе точки 0° берется по интерполяціи, а не наблюдается въ дѣйствительности немедленно послѣ отсчета температуры кипѣнія.

Когда вышеописанные опыты съ гипсотермометромъ №10825 уже производились мною, Бодэнъ увѣдомилъ меня, что имъ начато изготовленіе термометровъ изъ такого же стекла, какъ въ термометрѣ № 10825, но отожженаго (recuit), вслѣдствіи чего перемѣщеніе точки 0° еще болѣе уменьшается; съ цѣлью изслѣдовать это обстоятельство, а также, отчасти, для провѣрки выше приведенныхъ выводовъ, я выписалъ отъ Бодэна еще 1 гипсо-

---

произошелъ не съ нормальнымъ барометромъ, какъ это можно понять изъ словъ автора, а только съ однимъ изъ тѣхъ барометровъ, которые служатъ на Обсерваторіи для промежуточныхъ сравненій станціонныхъ барометровъ съ нормальнымъ. Этотъ случай мнѣ прекрасно извѣстенъ, такъ какъ онъ произошелъ во время моихъ занятій на Обсерваторіи, да изъ Отчета Гл. Ф. Обс. за 1883—1884 гг., стр. 45, 92 и 101, указываемыхъ авторомъ, прямо видно, что измѣненіе поправки случилось съ барометромъ Броунинга №44, а не съ нормальнымъ.

термометръ № 247, подобный термометру № 10825, но сдѣланный изъ отожженаго стекла и раздѣленный только на 0°,1. Высылая этотъ инструментъ, Бодэнъ, письмомъ отъ 29 Іюня 1887 г., увѣдомилъ меня, что «термометръ построенъ въ концѣ Февраля и въ первыхъ числахъ Марта поправки его оказались въ парахъ кипящей воды + 0°,03, а въ тающемъ льдѣ (послѣ кипяченія) + 0°,02; абсолютно тѣ же поправки получились и передъ самою его отправкою, точность калибрированія соблюдена до ± 0°,01»[1]).

Нижеслѣдующая таблица даетъ выводы изъ опытовъ моихъ съ этимъ гипсотермометромъ, причемъ къ его показаніямъ я не придавалъ никакихъ поправокъ, за исключеніемъ только поправки + 0°,01 на разстояніе между постоянными точками (на емкость промежуточнаго расширенія).

Время опытовъ.	Отсчетъ въ тающемъ льдѣ,		Поправка даваемой гипсотерм. № 247 температуры кипѣнія, принимая наблюденную послѣ кипяченія поправку въ тающемъ льдѣ, относит. барометра.	Число сравненій.	Примѣчанія.
	до начала кипяченія.	послѣ кипяченія.			
11 Іюля 1887	0°,03	— 0°,02	— 0°,003 ± 0°,003	4	Опыты производились совершенно такъ же какъ и съ термометромъ № 10825.
12 » »	—	— 0,02	— 0,004 ± 0,003	4	
15 » »	0,00	— 0,02	— 0,001 ± 0,004	6	
17 » »	0,00	— 0,02	— 0,004 ± 0,004	5	
9 Августа »	0,03	— 0,02	— 0,003 ± 0,005	5	
10 Сентября »	0,03	— 0,02	— 0,004 ± 0,004	5	
20 Октября »	0,03	— 0,01	± 0,000 ± 0,003	7	

Легко видѣть, что всѣ хорошія качества термометра № 10825 имѣются на лицо и въ гипсотермометрѣ № 247; даже не трудно показать, что въ послѣднемъ перемѣщеніе нормальныхъ точекъ подъ вліяніемъ времени, если и существуетъ, то въ самой незначительной степени, гораздо менѣе чѣмъ въ термометрѣ № 10825: взявъ даже только мои опыты, увидимъ, что въ гипсотермометрѣ

[1]) Другой подобный же гипсотермометръ № 245 не дошелъ до меня, будучи сломанъ при таможенномъ досмотрѣ; на немъ я убѣдился въ полной справедливости послѣдняго заявленія, найдя ошибки калибра только до ± 0,006.

№ 247 съ начала 5-го по начало 9-го мѣсяца его существованія поправка нолевой точки измѣнилась лишь на 0°,01 (что почти равняется средней точности отсчета на этомъ гипсотермометрѣ), тогда какъ въ гипсотермометрѣ № 10825 таже точка съ 7-го по 11-й мѣсяцъ (съ 7 Августа по 5 Декабря) перемѣстилась на 0°,018, а такъ какъ и въ гипсотермометрѣ № 10825 перемѣщеніе нормальныхъ точекъ подъ вліяніемъ времени почти прекратилось къ концу года его существованія, то и должно думать, что въ гипсотермометрѣ № 247 таковаго впредь и вовсе не будетъ; сверхъ того несомнѣнно, что въ гипсотермометрѣ № 247 положеніе нолевой точки совершенно не зависитъ (въ предѣлахъ точности наблюденій) отъ числа и времени предшествовавшихъ нагрѣваній, тогда какъ въ термометрѣ № 10825 зависимость эта, хотя и не большая, все же имѣется, какъ было показано выше. Добавлю, что въ гипсотермометрѣ № 247 нормальныя точки (подъ вліяніемъ нагрѣванія въ парахъ воды) перемѣщаются весьма быстро и послѣ 1-го кипяченія (въ продолженіи около 2-хъ минутъ) болѣе уже не измѣняютъ своего положенія.

На основаніи вышесказаннаго я вполнѣ убѣжденъ, что гипсотермометръ изъ твердаго отожженаго стекла потребуетъ повѣрки нолевой точки не чаще какъ 2 раза въ годъ, а если гипсотермометръ просуществовалъ уже болѣе года, то скорѣе только для контроля ея неизмѣнности, чѣмъ для опредѣленія величины ея перемѣщенія.

Точность показанія гипсотермометра № 247, исправленнаго только поправкою, сообщенною Бодэномъ въ среднемъ за каждую серію опытовъ оказалась $= \pm 0°,0025$, что соотвѣтствуетъ ошибкѣ въ 0,07 мм. барометрическаго столба; причемъ среднее отклоненіе каждаго отдѣльнаго наблюденія отъ средней величины данной серіи составляетъ $\pm$ 0°,004, что даетъ среднюю ошибку въ измѣреніи давленія воздуха $= \pm$ 0,11 мм.; такая точность по моему мнѣнію, вполнѣ достаточна для путешественниковъ; но все-таки, чтобы еще лучше выяснить это, я, во время опытовъ 15 Іюля, 9 Августа и 10 Сентября отсчитывалъ также и пока-

занія вышеупомянутаго анероида № 1394, дѣлая таковые отсчеты непосредственно передъ отсчетомъ гипсотермометра и тотчасъ послѣ его отсчета; вотъ результаты этихъ сравненій, причемъ къ показаніямъ гипсотермометра № 247 придана только поправка + 0°,01, опредѣленная Бодэномъ:

Поправка анероида № 1394 оказалась:		Относительно: барометра Женевск. Обсерв. № 113.	гипсотермометра № 247.
15 Іюля	1887 года	— 0,02 ± 0,14	— 0,01 ± 0,13
9 Августа	» »	— 0,06 ± 0,09	— 0,09 ± 0,13
10 Сентября	» »	+ 0,07 ± 0,15	+ 0,17 ± 0,11
	Въ среднемъ . .	0,00 ± 0,13	+ 0,02 ± 0,12,

т. е. гипсотермометръ далъ вполнѣ достаточную для практики точность, причемъ маленькому, почти карманному, дешевому гипсотермометру удалось выдержать конкуренцію дорогаго, большаго перворазряднаго барометра, употребляемаго, обыкновенно, только въ обсерваторіяхъ, но отнюдь не путешественниками.

Если къ этому добавить еще удобопересылаемость гипсотермометровъ, то, думаю, всякій согласится со мною, что въ самомъ скоромъ времени такіе гипсотермометры сдѣлаются неразлучными спутниками путешественниковъ и пріобрѣтутъ право гражданства на всѣхъ трудно доступныхъ метеорологическихъ станціяхъ, если и не въ качествѣ инструментовъ для постоянныхъ наблюденій, то для контроля анероидовъ и даже ртутныхъ барометровъ.

Вотъ почему я, повозившись довольно съ термометрами вообще и съ гипсотермометрами въ частности, считаю полезнымъ сообщить накопившіяся у меня данныя относительно этихъ инструментовъ.

III. Практическія замѣтки о выборѣ, повѣркѣ и употребленіи гипсотермометровъ.

Какъ извѣстно, во всѣхъ точныхъ термометрахъ скала назначается или на отдѣльной пластинкѣ молочнаго стекла, включенной вмѣстѣ съ термометрическою трубкою въ стеклянную гильзу (Einschluss-Thermometer нѣмецкихъ мастеровъ) или же непосредственно на самой термометрической трубкѣ (французскіе

мастера работаютъ исключительно только такіе термометры); если для метеорологическихъ наблюденій и можно еще много говорить въ пользу и той и другой системъ, то для гипсотермометровъ годятся только термометры съ дѣленіями на самой трубкѣ, такъ какъ только при этомъ условіи можно быть увѣреннымъ въ томъ, что ртуть, заключающаяся въ каналѣ и его расширеніи, достаточно быстро воспринимаетъ температуру окружающей ее среды (т. е. паровъ кипящей воды или тающаго льда), что весьма важно и чего нельзя ожидать отъ нѣмецкихъ термометровъ, вслѣдствіи защиты ихъ термометрическихъ каналовъ двойною стекляною стѣнкою съ промежуточнымъ слоемъ воздуха; единственный существенный недостатокъ термометровъ съ дѣленіями на трубкѣ, это значительное удаленіе дѣленій отъ ртути въ каналѣ и возможность поэтому паралактической ошибки (отъ неперпендикулярности идущаго отъ глаза наблюдателя луча зрѣнія относительно скалы), для гипсотермометровъ не имѣетъ значенія, такъ какъ наблюденія всегда возможно производить съ близкаго разстоянія, при посредствѣ лупы, и устанавливать свой глазъ такъ, чтобы видѣть совпаденіе дѣленій и ихъ отраженія въ ртутномъ столбикѣ, что и будетъ вполнѣ гарантировать перпендикулярность луча зрѣнія къ скалѣ или каналу; сверхъ того для гипсотермометровъ берутся, обыкновенно, довольно тонкія трубки (съ наружнымъ діаметромъ менѣе 5 мм.), чѣмъ значительно уменьшается величина возможной паралактической ошибки; достигнутые мною результаты съ термометрами № 10825 и № 247 служатъ лучшимъ тому подтвержденіемъ. Надо еще добавить, что термометры съ отдѣльными скалами легче бьются въ дорогѣ.

Вотъ почему я и полагаю, что гипсотермометры должны дѣлаться непремѣнно безъ оболочекъ, со скалами на самихъ термометрическихъ трубкахъ; весьма полезно если термометрическая трубка снабжена полоскою бѣлой эмали, которая значительно облегчаетъ отсчетъ; однако же если термометръ предназначается для калибрированія, то приходится отказаться отъ этой эмалевой полоски, и тогда для облегченія отсчетовъ можно употреблять

пластинку молочнаго стекла, помѣщая ее передъ отсчетомъ сзади термометра, такъ чтобы свѣтъ, идущій къ глазу наблюдателя, проходилъ сперва черезъ молочную пластинку, а затѣмъ уже черезъ стеклянную термометрическую трубку.

Какъ выше было показано, раздѣленіе гипсотермометра на 0°,1 можетъ дать совершенно достаточные для практики результаты; однако считаю нужнымъ повторить, что я уже пріучилъ до нѣкоторой степени свой глазъ къ точнымъ отсчетамъ термометровъ; для лицъ же въ этомъ отношеніи мало опытныхъ полезно брать сначала гипсотермометры, раздѣленные на 0°,05; термометры, дѣленные на 0°,02 (какъ мой № 10825), могутъ понадобиться только въ случаѣ требованія исключительно большей точности.

По вопросу о томъ, гдѣ пріобрѣтать такіе гипсотермометры, я смѣло указываю на неоднократно уже упоминавшагося Бодэна [1]), весьма лестные отзывы о коемъ мною цитированы ранѣе; съ своей стороны добавлю, что, выписавъ въ разное время отъ Бодэна болѣе 40 термометровъ (для разныхъ учрежденій и лицъ) и сравнивъ ихъ съ образцами, вывѣренными въ международномъ бюро мѣръ и вѣсовъ, я убѣдился, что рѣшительно во всѣхъ его ртутныхъ термометрахъ погрѣшности не превосходятъ точности, которая, смотря по ихъ назначенію, требуется отъ этихъ инструментовъ. Слѣдуетъ, однако, имѣть въ виду, что Бодэнъ работаетъ только на заказъ и обыкновенно исполняетъ заказы въ срокъ 4—6 мѣсяцевъ; за термометръ № 10825 (раздѣленный на 0°,02) онъ взялъ съ меня 60 фр., а за гипсотермометръ № 247 (раздѣленный на 0°,1) — 35 франковъ, не считая упаковки и пересылки, которыя ставятся на счетъ заказчика.

На сколько мнѣ извѣстно, только Международное бюро Мѣръ и Вѣсовъ имѣетъ всѣ средства, необходимыя для вполнѣ точнаго изученія такихъ гипсотермометровъ; выше, въ описаніи моего

[1]) Mr. Baudin; France, Paris, rue de St-Jacques, 276; слѣдуетъ однако имѣть въ виду, что онъ изготовляетъ также и обыкновенные гипсотермометры, т. е. безъ точки 0°, такъ что въ заказѣ надо подробно оговаривать какой именно нуженъ гипсотермометръ.

термометра № 10825, указаны способы такого изученія[1]); согласно циркуляру международнаго комитета мѣръ и вѣсовъ отъ 10 Апрѣля 1884 года, частныя лица уплачиваютъ по 60 франковъ за полную вывѣрку термометра, причемъ термометръ, для того чтобы быть принятымъ для изученія, долженъ обладать извѣстными качествами, а именно, скала его должна быть раздѣлена на части равной длины (а не равнаго объема, какъ это дѣлаютъ обыкновенно хорошіе мастера, достигая притомъ безподобныхъ результатовъ), на трубкѣ не должно быть эмалевой полосы, и въ верхней части термометрическаго канала должна быть оставлена камера; работы по изученію продолжаются обыкновенно отъ 1 до 6 мѣсяцевъ. Однако, по моему мнѣнію, къ подобному полному изученію гипсотермометра придется прибѣгать лишь въ весьма рѣдкихъ случаяхъ, когда отъ гипсотермометра требуется весьма большая точность и вотъ почему.

Присутствіе камеры въ верхнемъ концѣ термометра дѣлаетъ послѣдній болѣе хрупкимъ, потому что когда, подъ вліяніемъ тряски въ дорогѣ, часть ртути изъ резервуара перельется въ верхнюю камеру и промежуточное расширеніе канала, то въ резервуарѣ останется довольно порядочное пустое пространство, почему отъ толчковъ ртуть будетъ плескаться, ударяя довольно сильно въ стѣнки и дно резервуара, и легко можетъ ихъ разбить, даже если этого и не случится, то уже одно изгнаніе ртути изъ верхней камеры представляетъ операцію довольно деликатную[2]), могущую причинить большіе хлопоты въ случаѣ, если придется совершать ее въ полѣ. Отсутствіе эмалевой полосы представляетъ также нѣкоторое неудобство.

Между тѣмъ термометръ, вышедшій изъ рукъ Бодэна, можетъ быть употребляемъ безъ поправокъ на калибръ (въ предѣлахъ

---

[1]) Подробности можно найдти въ разныхъ томахъ Travaux et Mémoires du Bureau Intern., особенно же въ цитированныхъ уже многократно статьяхъ Гильома и Перне.

[2]) Высылая такіе термометры, Бодэнъ обыкновенно прилагаетъ къ нимъ краткое наставленіе, какъ производить эту манипуляцію.

погрѣшности отсчета); термометры изъ одного и того же сорта стекла имѣютъ, какъ показали работы Международнаго бюро [1]), одинакія поправки относительно воздушнаго термометра (поправка хрустальнаго термометра разнится въ предѣлахъ отъ 85° до 100° только на 0°,015 отъ поправки термометровъ изъ твердаго зеленаго стекла) и потому ко всѣмъ такимъ гипсотермометрамъ можно примѣнять поправки относительно газоваго термометра, опредѣленныя Перне и Шаппюи для термометровъ изъ твердаго стекла [2]). Такъ какъ гипсотермометры употребляются исключительно въ вертикальномъ положеніи, то поправку на внутреннее давленіе можно и не вводить — она войдетъ общимъ счетомъ въ поправку емкости промежуточнаго расширенія, которую, во всякомъ случаѣ, необходимо опредѣлить именно въ томъ аппаратѣ, въ которомъ гипсотермометръ будетъ впослѣдствіи наблюдаться. Въ тѣхъ случаяхъ, когда гипсотермометръ будетъ употребляться при давленіяхъ воздуха, отличающихся не выше 50 мм. отъ того, при которомъ сдѣлано вышеуказанное опредѣленіе емкости промежуточнаго расширенія, можно вовсе не вводить поправки на измѣненіе атмосфернаго давленія; при большихъ же разницахъ давленія коэффиціентъ для поправки не трудно опредѣлить изъ нѣсколькихъ наблюденій температуры кипѣнія поперемѣнно въ горизонтальномъ и вертикальномъ положеніи гипсотермометра [3]) или принять его приблизительно въ 0°,00024 на каждый миллиметръ измѣненія давленія атмосферы, какъ это выходитъ въ среднемъ для подобныхъ термометровъ Бодэна. Слѣдуетъ еще имѣть въ виду, что поправка на воздушный термометръ — отрицательная, а на уменьшеніе давленія — положительная и почти взаимно компенсируются; такъ, принимая вышеприведенный коэффиціентъ, получимъ поправки:

---

[1]) Особенно же работы Рене-Бенуа, Гильома и Перне (въ 1, 2 и 5 томахъ Tr. et Mém.).

[2]) Отчеты объ этихъ работахъ войдутъ въ VI томъ Travaux et Mémoires.

[3]) Желающимъ выписать такіе гипсотермометры я предлагаю безплатно свои услуги какъ по выпискѣ инструментовъ, такъ и по опредѣленію этого коефиціента и емкости промежуточнаго расширенія.

	Относительно абсолютной скалы азота.	На уменьшеніе атмосфернаго давленія.	Полная.
При 95°	— 0,02	+ 0,03	+ 0,01
» 90	— 0,04	+ 0,05	+ 0,01
» 85	— 0,06	+ 0,07	+ 0,01
» 80	— 0,07	+ 0,09	+ 0,02

которыя, очевидно, не выходятъ изъ предѣловъ погрѣшности наблюденій (за исключеніемъ только весьма низкихъ давленій) и не имѣютъ для практики сколько нибудь существеннаго значенія. Однако нужно оговориться, что поправка на уменьшеніе атмосфернаго давленія должна вводиться только въ томъ случаѣ, если для точки 0° берется положеніе опредѣленное при давленіи близкомъ къ нормальному; если же поправка при 0° опредѣляется немедленно послѣ кипѣнія, тоже въ разрѣженномъ воздухѣ, то погрѣшность отъ уменьшенія давленія воздуха войдетъ въ отсчеты температуръ, какъ кипѣнія, такъ и таянія льда, и потому исключится сама собою.

И такъ мы видимъ, что если отъ гипсотермометра требовать лишь умѣренную, но достаточную для путешествій точность (ошибка въ среднемъ ± 0,15 мм. ртутнаго барометрическаго столба, достигающая только въ исключительныхъ случаяхъ ± 0,3 мм.), то можно ограничиться весьма несложною и скорою повѣркою его; лучше всего, если только возможно, будущему наблюдателю сдѣлать самому нѣсколько сравненій гипсотермометра съ надежнымъ барометромъ, чтобы такимъ образомъ исключить и личную погрѣшность.

Для измѣренія температуры кипѣнія посредствомъ гипсотермометра я употребляю жестяной аппаратъ системы и работы Бодэна (цѣною 20 франковъ, не считая пересылки); деревянный ящичекъ, въ которомъ уложенъ этотъ аппаратъ, служитъ, при наблюденіяхъ въ полѣ, для защиты отъ вѣтра, какъ самого аппарата такъ равно и спиртовой лампы, причемъ у него откидывается на сторону только крышка, а боковая дверка запирается;

обращеніе съ аппаратомъ крайне просто и не требуетъ никакихъ объясненій; замѣчу только, что для сохраненія въ цѣлости и исправности раздвижныхъ трубъ необходимо послѣ употребленія вытирать ихъ насухо и слегка смазывать жиромъ; для уменьшенія конденсаціи воды во внѣшней трубкѣ, особенно если кипяченіе производится на холоду, полезно одѣть ее въ чахолъ изъ мягкаго сукна, который не препятствовалъ бы измѣнять по мѣрѣ надобности длину трубъ; спиртъ для лампы желательно брать крѣпкій (95%), очищенный; воду въ кипятильникъ достаточно наливать слоемъ въ 15—20 мм., наблюдая однако, чтобы слой ея никогда не былъ менѣе 5 мм.; для того чтобы кипятильникъ не покрывался накипями, желательно брать воду по возможности чистую (фильтрованную снѣговую или прокипяченную рѣчную, но отнюдь не прямо изъ колодца). Какъ выше было уже указано, для надежности показаній гипсотермометра необходимо, чтобы разъ избранный аппаратъ для кипяченія не мѣнялся, за исключеніемъ случаевъ крайней необходимости; въ послѣднемъ случаѣ весьма полезно сдѣлать новый рядъ сравненій показаній гипсотермометра въ новомъ аппаратѣ съ показаніями надежнаго барометра.

При опредѣленіи температуры кипѣнія посредствомъ гипсотермометра необходимо соблюдать слѣдующій порядокъ: вынувъ гипсотермометръ изъ его футляра, надѣваютъ на него пробковое кольцо (которое будетъ поддерживать гипсотермометръ надъ верхнимъ концемъ трубъ аппарата для кипяченія), а по верхъ его — колечко, сдѣланное изъ отрѣзка гуттаперчевой трубки и предназначенное для того, чтобы гипсотермометръ не могъ опускаться въ пробковомъ кольцѣ; гуттаперчевое кольцо должно быть такъ поставлено, чтобы верхній край его приходился не болѣе какъ на 0°,2 ниже ожидаемаго отсчета температуры кипѣнія; вставивъ снабженный такимъ образомъ двумя кольцами (пробковымъ и резиновымъ) термометръ въ верхнее отверстіе трубы кипятильника, надо позаботиться такъ урегулировать длину этихъ трубъ, чтобы низъ резервуара гипсотермометра пришелся на 10—20

миллиметровъ надъ поверхностію воды въ кипятильникѣ; затѣмъ нужно тщательно обтереть чистою тряпочкою (или замшею) резервуаръ термометра (чтобы очистить его поверхность отъ жирныхъ пятенъ) и только тогда уже можно начинать нагрѣвать воду въ кипятильникѣ, для чего зажигаютъ лампу подъ кипятильникомъ и закрываютъ боковую дверцу деревяннаго ящика; черезъ нѣсколько минутъ вода начинаетъ кипѣть и показывается паръ изъ внѣшней оболочки кипятильника; черезъ 2—3 минуты послѣ этого можно уже дѣлать отсчетъ, причемъ, какъ и вообще при всякихъ отсчетахъ гипсотермометра, необходимо передъ отсчетомъ дать нѣсколько легкихъ ударовъ (ногтемъ или стеклянною палочкою или пластинкою) по трубкѣ гипсотермометра вблизи вершины ртутнаго столбика для того чтобы, вызвавъ сотрясенія ртути въ каналѣ, по возможности преодолѣть вліяніе волосности; если не предполагается опредѣлять въ тающемъ льдѣ пониженную точку 0° и нужно сдѣлать подъ рядъ нѣсколько отсчетовъ гипсотермометра, то полезно послѣдній вовсе не вынимать изъ аппарата для кипяченія, погасивъ только лампу подъ кипятильникомъ; наоборотъ, отнюдь не слѣдуетъ гипсотермометръ, только что вынутый изъ льда (или вообще весьма холодный) опускать въ аппаратъ въ то время, когда вода въ немъ уже кипитъ, а непремѣнно нужно, чтобы аппаратъ, до введенія въ него термометра успѣлъ уже нѣсколько охладиться (для чего лампу подъ нимъ нужно зажигать только послѣ установки уже въ немъ гипсотермометра и гасить тотчасъ же послѣ отсчета), а самый гипсотермометръ слѣдуетъ нѣсколько подогрѣть (напримѣръ въ рукѣ наблюдателя); несоблюденіе этого условія можетъ повести къ тому, что гипсотермометръ лопнетъ.

Какъ совершенно справедливо говоритъ Витцъ [1]), опредѣленіе точки 0° въ тающемъ льдѣ есть операція очень деликатная, тогда какъ, вообще, на нее обращаютъ очень мало вниманія; вотъ почему я разберу этотъ вопросъ нѣсколько подробнѣе.

Форма сосуда, въ который насыпается тающій ледъ, играетъ

---

[1]) Witz. Cours de Manipulations de Physique, p. 32.

весьма важную роль, такъ какъ ледъ таетъ не только отъ теплоты, получаемой его верхнею поверхностію отъ воздуха, но также и отъ теплоты, проникающей черезъ стѣнки сосуда; если взять цилиндрическій сосудъ, то вскорѣ ледъ вблизи стѣнокъ растаетъ и останется ледяная масса съ діаметромъ меньшимъ, чѣмъ діаметръ внутренности сосуда т. е. ледянная масса будетъ болтаться въ сосудѣ, будучи окружена съ боковъ воздухомъ, что представитъ существенныя неудобства при опредѣленіи точки 0°; наоборотъ если мелкій ледъ будетъ насыпанъ въ сосудъ, имѣющій форму опрокинутаго конуса (воронки), то, по мѣрѣ таянія льда у стѣнокъ, вся ледяная масса будетъ только скользить внизъ, прилегая постоянно довольно плотно къ стѣнкамъ воронки и требуя добавленія новыхъ порцій льда только сверху; вотъ почему и слѣдуетъ для повѣрки положенія точки 0° употреблять исключительно воронки.

Относительно емкости такихъ воронокъ и матеріала изъ котораго ихъ надо изготовлять, я сдѣлалъ нѣсколько опытовъ, опредѣляя положеніе точки 0° въ воронкахъ различной емкости (отъ 0,3 до 1,0 литра), стеклянныхъ обыкновенныхъ, затѣмъ стеклянныхъ съ двойными стѣнками (вставленныхъ одна въ другую съ заполненіемъ промежутка мягкою рѣзаною бумагою) и наконецъ —цинковыхъ съ двойными стѣнками (съ промежуткомъ до 10 мм., отчасти заполненнымъ слоемъ войлока); при этомъ оказалось, что обыкновенная стеклянная воронка вполнѣ удовлетворяетъ довольно строгимъ требованіямъ, давая точку 0° вѣрно до 0°,001; емкость ея не играетъ роли, но при условіи если воронка все-таки на столько велика, что резервуаръ термометра окруженъ со всѣхъ сторонъ слоемъ льда не тоньше 20 мм.; такимъ образомъ зная размѣры термометра уже не трудно подобрать соотвѣтствующую ему воронку.

Природа льда[1]), употребляемаго для опредѣленія точки 0°,

[1]) Я говорю здѣсь про натуральный ледъ — рѣчной, проточныхъ озеръ и прудовъ; весьма возможно, что ледъ озеръ съ соленою водою дастъ негодные результаты.

не играетъ существенной роли, но при условіи чтобы ледъ этотъ былъ мелко наскобленъ (зерна діаметромъ около 1 мм.), промытъ чистою водою и насыщенъ ею на столько, что она даже нѣсколько выступаетъ на поверхность; изъ нѣсколькихъ рядовъ опытовъ я убѣдился, что точка 0° опредѣленная въ такомъ натуральномъ льдѣ нисколько (въ предѣлахъ точности моихъ наблюденій) не разнится отъ опредѣленія сдѣланнаго въ пробирной трубочкѣ съ переохлажденною дистилированною водою, погруженной въ свою очередь въ тающій ледъ; однако достаточно было дать водѣ нѣкоторое время свободно вытекать изъ льда (черезъ узкое отверстіе воронки), чтобы температура, показываемая погруженнымъ въ ледъ термометромъ, понизилась до 0°,008 (особенно если ледъ былъ зимою только что взятъ съ рѣки и натертъ на морозѣ), что происходитъ отъ того, что зерна льда, какъ худаго проводника теплоты, весьма долго сохраняютъ внутри себя довольно низкую температуру, хотя съ поверхности ихъ и происходитъ медленное таяніе, почему и необходимо брать температуру, строго говоря, не тающаго льда, а воды происходящей отъ его таянія, слѣдовательно надо эту воду задерживать въ промежуткахъ между частицами льда и заботиться, чтобы ледяныя зерна были достаточно мелки. Этимъ условіямъ не трудно удовлетворить слѣдующимъ образомъ: берется приличнаго размѣра воронка и на нижній конецъ ея надѣвается вплотную гуттаперчевая трубка съ краномъ или, проще, узкое отверстіе воронки затыкается пробкою соотвѣтствующей толщины; ледъ проще всего наскоблить на обыкновенной кухонной теркѣ, только достаточно острой; при насыпаніи льда въ воронку, нужно наблюдать, чтобы не оставалось сколько нибудь значительныхъ пустотъ, для чего ледъ уплотняется тупою стороною карандаша; еще лучшее, если наблюдатель приготовитъ стальную палочку, діаметромъ равную діаметру резервуара гипсотермометра, длиною около 20 сантиметровъ, одинъ конецъ который обрѣзанъ плоско и служитъ для трамбованія льда, а другой нѣсколько заостренъ (въ родѣ тупо очиненнаго карандаша) и служитъ для приготовленія

въ ледяной массѣ отверстія для установки термометра; открывъ нижнее отверстіе воронки, поливаютъ ледъ водою, которая и будетъ обмывать ледъ и вытекать черезъ узкое отверстіе; когда изъ послѣдняго покажется совершенно прозрачная вода, тогда нужно еще разъ потрамбовать ледяную массу, добавить на ея поверхность еще сколько понадобится скобленнаго льда и закрыть нижнее отверстіе; черезъ нѣсколько минутъ послѣ того въ приготовленную такимъ образомъ смѣсь льда съ водою можно уже вставлять термометръ для повѣрки въ послѣднемъ точки 0°. При выполненіи этой послѣдней операціи необходимо соблюденіе слѣдующихъ предосторожностей:

1) Для помѣщенія термометра въ ледяной смѣси надо приготовить отверстіе, проткнувъ его какою-либо палочкою, но отнюдь не давленіемъ самого термометра, такъ какъ, въ противномъ случаѣ, резервуаръ термометра будетъ подверженъ довольно сильному наружному давленію и дастъ нѣсколько высокое показаніе;

2) стержень термометра долженъ быть на столько погруженъ въ ледъ, чтобы, когда термометръ приметъ температуру 0°, весь ртутный столбикъ находился въ тающемъ льдѣ, для отсчета же придется немного приподнять термометръ, какъ будетъ объяснено далѣе; послѣ этого необходимо ледъ нѣсколько обжать около стержня термометра;

3) весьма полезно, если передъ погруженіемъ термометра въ воронкѣ будетъ нѣсколько лишней воды, такъ что послѣдняя довольно значительно выступитъ на поверхность ледяной массы; тогда передъ отсчетомъ можно часть воды выпустить, пріоткрывъ нижнее отверстіе воронки, что вызоветъ движеніе воды во всей массѣ льда и будетъ существенно способствовать точности показанія термометра, особенно если резервуаръ послѣдняго имѣетъ довольно значительный объемъ;

4) Спустя 2 минуты по погруженіи термометра въ ледъ, можно уже дѣлать отсчетъ, однако необходимо передъ отсчетомъ термометръ нѣсколько приподнять изъ льда для того, чтобы онъ

висѣлъ въ рукѣ, но отнюдь не давилъ всею своею тяжестію на ледъ (такъ какъ отъ такого давленія въ термометрахъ сколько нибудь значительнаго вѣса резервуаръ уже сжимается и точка 0° получается выше истинной), и уже въ такомъ положеніи отсчитывать показаніе термометра, предварительно постучавъ стеклянною пластинкою или палочкою по его трубкѣ (для преодолѣнія волосности);

5) если надо нѣсколько разъ опредѣлять пониженную точку 0°, то съ теченіемъ времени значительная часть льда превращается въ воду и тогда надо добавить ледъ не только сверху воронки, но необходимо также нѣсколько протрамбовать всю массу льда для того чтобы она не сдѣлалась черезъ чуръ пористою; удобнѣе это уплотненіе дѣлать предварительно открывъ узкое отверстіе воронки.

Если нужно опредѣлить точку 0° немедленно послѣ измѣренія температуры кипѣнія, то необходимо принять мѣры къ весьма быстрому, но въ тоже время постепенному охлажденію термометра; Бодэнъ употребляетъ для этого 3 ванны съ водою, подогрѣтою до 60°, 40° и 20° Ц.; черезъ 10—20 секундъ по вынутіи термометра изъ паровъ кипящей воды, температура его уже понизится подъ вліяніемъ наружнаго воздуха до 80°, тогда его смѣло можно погрузить въ ванну въ 60°, затѣмъ еще черезъ 15—10 секундъ въ ванну въ 40°, потомъ также въ ванну въ 20° и наконецъ примѣрно черезъ $1\frac{1}{2}$ минуты по вынутіи изъ паровъ воды, термометръ погруженъ уже въ ледъ; отдавая полную справедливость этому методу я тѣмъ не менѣе считаю, что во многихъ случаяхъ, внѣ лабораторій, приготовленіе 3-хъ ваннъ разныхъ температуръ можетъ представить нѣкоторыя затрудненія; поэтому я, обыкновенно, манипулировалъ такимъ образомъ: вынувъ термометръ изъ кипятильника я даю ему остыть на воздухѣ примѣрно до 60° (о температурѣ сужу примѣрно наблюдая какая часть промежуточнаго расширенія наполнена еще ртутью), затѣмъ охлаждаю его прикосновеніями руки (температура около 37°), потомъ прохожу нѣсколько разъ по резервуару и стержню термометра пальцемъ смоченнымъ водою комнатной температуры, окунаю термометръ въ стаканъ съ этою водою и наконецъ погружаю его въ тающій ледъ; такія манипуляціи требуютъ около

1 мин. для гипсотермометра № 247 (дѣленнаго на 0°,1) и до 2 минутъ для термометра № 10825 (раздѣленнаго на 0°,02 Ц. и потому имѣющаго весьма объемистый резервуаръ).

При употребленіи рекомендуемыхъ мною гипсотермометровъ могутъ встрѣтиться еще два существенныя затрудненія, относительно устраненія коихъ я считаю нужнымъ сказать нѣсколько словъ.

1) Отъ тряски въ дорогѣ иногда ртуть въ каналѣ и расширеніи раздѣляется на двѣ или болѣе отдѣльныя части; достаточно нѣсколько разъ встряхнуть термометръ (сверху внизъ), чтобы устранить этотъ недостатокъ.

2) При продолжительномъ и частомъ употребленіи гипсометра случается, что окраска дѣленій скалы повреждается и мѣстами вовсе исчезаетъ, чѣмъ значительно затрудняются отсчеты; чтобы этого не случилось, надо запастись масляною черною краскою (какую употребляютъ живописцы), порошкомъ жженой кости и очищеннымъ скипидаромъ (въ самыхъ малыхъ количествахъ); для вычерненія дѣленій скалы поступаютъ такъ: чистою тряпочкою, смоченною въ спиртѣ, обтираютъ скалу; когда она обсохнетъ, берутъ на тряпочку 1 каплю масляной черной краски и 1 каплю скипидару и этою смѣсью натираютъ скалу до тѣхъ поръ пока краска не проникнетъ достаточно хорошо во всѣ дѣленія; тогда на тряпочку сыпятъ немного порошка жженой кости и имъ обтираютъ скалу, причемъ излишняя краска стирается, чѣмъ и оканчивается вся операція; черезъ нѣсколько часовъ — краска настолько уже затвердѣетъ, что термометръ можно употреблять въ дѣло.

Какъ видно изъ всего вышесказаннаго, всѣ манипуляціи съ гипсотермометрами — весьма просты и могутъ быть выполняемы очень быстро, такъ что и съ этой стороны не можетъ встрѣтиться никакихъ затрудненій къ частому употребленію рекомендуемыхъ мною гипсотермометровъ и я льщу себя надеждою, что настоящимъ посильнымъ трудомъ мнѣ удалось дать въ руки путешественниковъ и наблюдателей удаленныхъ метеорологическихъ станцій весьма простой, дешевый, удобоперевозимый и вполнѣ надежный инструментъ для измѣренія величины атмосфернаго давленія.

Приложеніе.

ОПЫТЫ СЪ ГИПСОТЕРМОМЕТРОМЪ

№ 10825

ВЪ АППАРАТѢ ДЛЯ КИПЯЧЕНІЯ

СИСТЕМЫ И РАБОТЫ БОДЭНА.

Примѣчаніе: Показанія термометра № 10825 въ тающемъ льдѣ, отмѣченные звѣздочкою и напечатанные курсивомъ — найдены до нагрѣванія термометра въ парахъ воды и не приняты въ разсчетахъ при выводѣ среднихъ.

Время.			Исправленный отсчетъ термометра № 10825		Температура кипѣнія по показаніямъ		Давленіе воздуха по показаніямъ	
Число.	Часъ.	Минуты.	въ тающемъ льдѣ.	въ парахъ кипящей воды.	термометра № 10825.	барометра.	термометра № 10825.	барометра.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1887 г.	5	05	—0,227	99,104	99,331	99,347	741,95	742,37
Августа		15						
7		35	—0,229	99,099	99,328	99,342	41,90	42,26
		45						
	6	00		99,101	99,325	99,342	41,80	42,26
		15	—0,224					
	Среднее		**—0,227**					
			±0,002					
8 Авг.	8	55		98,882	99,104	99,116	735,90	736,22
	9	10	—0,222					
		30		98,872	99,089	99,110	35,51	36,07
		42	—0,217					
	10	00		98,875	99,099	99,114	35,78	36,19
		10	—0,224					
		27		98,875	99,102	99,116	35,86	36,24
		38	—0,227					
		52		98,878	99,100	99,120	35,81	36,31
	11	10	—0,222					
		20		98,872	99,099	99,120	35,78	36,33
		40	—0,227					
		55		98,874	99,098	99,117	35,76	36,26
	12	07	—0,224					
	Среднее		**—0,223**					
			±0,003					

Разность показаній барометра и термометра		Поправка точки кипѣнія термометра № 10825 относительно барометра, считая поправку въ тающемъ льдѣ = 0,000 (разность графъ 7—5).	Отмѣтка о случаяхъ нагрѣванія до 100° термометра въ промежуткахъ между опытами.		Примѣчанія.
въ температурѣ кипѣнія въ градусахъ.	въ давленіи воздуха въ миллиметрахъ барометрическаго ртутнаго столба.		Время кипяченія.	Число кипяченій.	
10	11	12	13	14	15
0,016	0,41	0,243	Февраль и		Въ междуна-
0,014	0,36	0,243	Мартъ 1887	?	родномъ бюро.
0,017	0,46	0,241	3—7 Авг.	9	въ Льговѣ.
0,0157	**0,41**	**0,242**			
±0,001	**±0,03**	**±0,0001**			
0,012	0,32	0,234			
0,021	0,56	0,237			
0,015	0,41	0,239			
0,014	0,38	0,241			
0,020	0,52	0,242			
0,021	0,51	0,248			
0,019	0,50	0,243			
0,0175	**0,46**	**0,241**			
±0,003	**±0,08**	**±0,003**			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15 Авг.	9	10		99,421	99,637	99,657	750,16	750,69
		25	—0,216					
		43		99,422	99,638	99,656	50,20	50,67
	10	00	—0,216					
		17		99,418	99,637	99,654	50,16	50,63
		28	—0,219					
		42		99,418	99,640	99,655	50,25	50,65
		55	—0,222					
	11	10		99,416	99,640	99,655	750,25	750,64
		20	—0,224					
		30		99,414	99,636	99,651	50,14	50,55
		40	—0,222					
	Среднее		**—0,220**					
			±0,003					
26 Авг.	9	30	*—0,167**					
		40		99,326	99,540	99,557	747,53	748,00
		50	—0,214					
	10	02		99,320	99,537	99,556	47,47	47,99
		11	—0,217					
		25		99,318	99,537	99,555	47,47	47,96
		35	—0,219					
		44		99,317	99,537	99,552	47,47	47,89
		53	—0,220					
	11	05		99,320	99,540	99,554	47,55	47,92
		13	—0,220					
		25		99,319	99,539	99,554	47,52	47,94
		34	—0,220					
		44		99,317	99,536	99,553	47,45	47,90
		51	—0,219					
	12	04		99,318	99,537	99,553	47,47	47,90
		15	—0,219					
	Среднее		**—0,219**					
			±0,001					

10	11	12	13	14	15
0,020	0,53	0,236			
0,018	0,47	0,234			
0,017	0,47	0,236			
0,015	0,40	0,237			
0,015	0,39	0,237			
0,015	0,41	0,237			
0,0169 ±0,002	**0,44 ±0,04**	**0,236 ±0,001**			
0,017	0,47	0,231			
0,019	0,52	0,236			
0,018	0,49	0,237			
0,015	0,42	0,235			
0,014	0,37	0,234			
0,015	0,42	0,235			
0,017	0,45	0,235			
0,016	0,43	0,235			
0,0164 ±0,001	**0,45 ±0,04**	**0,235 ±0,001**			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10 Сент.	9	08	*—0,164**					
		25		99,459	99,673	99,691	756,13	751,63
		32	—0,214					
		46		99,457	99,674	99,688	51,16	51,55
		53	—0,217					
	10	04		99,452	99,672	99,688	751,10	751,53
		10	—0,220					
		21		99,450	99,669	99,687	51,03	51,50
		32	—0,219					
	Среднее		**—0,217**					
			±0,002					
11 Сент.	3	13		99,439	99,651	99,672	750,54	751,11
		23	—0,212					
		37		99,431	99,652	99,667	50,57	50,98
		45	—0,219					
		56		99,436	99,656	99,670	50,69	51,04
	4	05	—0,220					
		15		99,432	99,652	99,668	50,57	51,00
		22	—0,220					
	Среднее		**—0,218**					
			±0,003					

10	11	12	13	14	15
0,018	0,50	0,232			
0,014	0,39	0,231			
0,016	0,43	0,236			
0,018	0,47	0,237			
0,0165	**0,44**	**0,234**			
±0,001	**±0,03**	**±0,02**			
0,019	0,57	0,233			
0,015	0,41	0,233			
0,014	0,35	0,234			
0,016	0,43	0,236			
0,0162	**0,44**	**0,234**			
±0,001	**±0,06**	**±0,0001**			
			26 Сентября	3	
			29 Сентября	9	

1.	2	3	4	5	6	7	8	9
3 Окт.	8	45		99,793	100,008	100,026	760,22	760,72
		51	—0,215					
	9	10		99,797	100,012	100,030	60,33	60,81
		18	—0,215					
		39		99,800	100,017	100,033	60,46	60,89
		45	—0,217					
	10	08		99,802	100,022	100,034	60,60	60,94
		13	—0,220					
		25		99,800	100,014	100,031	60,40	60,86
		32	—0,214					
	11	01		99,800	100,017	100,032	60,46	60,88
		08	—0,217					
		21		100,802	100,016	100,034	760,44	760,94
		33	—0,214					
	Среднее		**—0,216**					
			±0,002					
31 Окт.	9	50	*—0,157**					
	10	08		99,868	100,075	100,093	762,05	762,55
		13	—0,207					
		34		99,867	100,076	100,092	62,07	62,52
		37	—0,209					
	11	00		99,862	100,071	100,086	61,94	62,34
		05	—0,209					
		48		99,851	100,058	100,076	61,60	62,07
		56	—0,207					
	1	08		99,832	100,041	100,059	61,12	61,60
		13	—0,209					
	Среднее		**—0,208**					

10	11	12	13	14	15
0,018	0,50	0,233			
0,018	0,48	0,233			
0,016	0,43	0,233			
0,012	0,34	0,232			
0,017	0,46	0,231			
0,015	0,42	0,232			
0,018	0,50	0,232			
0,0163	**0,44**	**0,232**			
±0,002	**±0,04**	**±0,001**			
0,018	0,50	0,225			
0,016	0,45	0,225			
0,015	0,38	0,224			
0,018	0,47	0,225			
0,018	0,48	0,227			
0,0170	**0,46**	**0,225**			
±0,001	**±0,03**	**±0,001**			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6 Ноября	8	54		99,421	99,631	99,646	750,00	750,40
		59	—0,210					
	9	17		99,422	99,635	99,649	50,11	50,48
		23	—0,213					
		32		99,422	99,634	99,650	50,08	50,52
		38	—0,212					
		53		99,423	99,635	99,650	50,11	50,51
		58	—0,213					
	10	10		99,425	99,637	99,655	50,16	50,65
		17	—0,212					
	Среднее		**—0,212**					
			±0,001					
8 Ноября	9	53		99,381	99,590	99,605	748,90	749,29
		58	—0,209					
	10	14		99,380	99,590	99,606	48,90	49,32
		20	—0,210					
		34		99,377	99,587	99,604	48,82	49,27
		39	—0,210					
		55		99,370	99,582	99,600	48,68	49,17
	11	00	—0,212					
		12		99,366	99,577	99,596	48,45	49,06
		18	—0,211					
	Среднее		**—0,210**					
			±0,001					

10	11	12	13	14	15
0,015	0,40	0,225			
0,014	0,37	0,227			
0,016	0,44	0,228			
0,017	0,40	0,227			
0,018	0,49	0,230			
0,0160	**0,42**	**0,227**			
±0,001	**±0,04**	**±0,001**			
0,015	0,39	0,224			
0,016	0,42	0,226			
0,017	0,45	0,227			
0,018	0,49	0,230			
0,019	0,51	0,230			
0,0170	**0,45**	**0,227**			
±0,001	**±0,04**	**±0,002**			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 Декабря.	9	35		99,333	99,541	99,553	747,58	747,90
		41	—0,208					
	10	00		99,317	99,524	99,544	47,12	47,65
		07	—0,207					
		22		99,318	99,526	99,543	47,18	47,62
		27	—0,208					
		43		99,307	99,518	99,534	46,96	47,40
		50	—0,211					
	11	07		99,297	99,509	99,524	46,72	47,12
		12	—0,212					
	Среднее		**—0,209**					
			±0,002					
12 Декабря	10	3		99,385	99,592	99,608	748,95	749,38
		12	—0,207					
		39		99,371	99,580	99,594	48,63	49,01
		47	—0,209					
	11	00		99,373	99,584	99,601	48,73	49,20
		07	—0,211					
		20		99,369	99,579	99,595	48,60	49,05
		26	—0,210					
	Среднее		**—0,209**					
			±0,001					

10	11	12	13	14	15
0,013	0,32	0,220			
0,020	0,51	0,227			
0,017	0,44	0,225			
0,016	0,44	0,227			
0,015	0,40	0,227			
0,0162	**0,43**	**0,225**			
±0,002	**±0,05**	**±0,002**			
0,016	0,43	0,223			
0,014	0,38	0,223			
0,017	0,47	0,228			
0,016	0,45	0,226			
0,0158	**0,43**	**0,225**			
±0,001	**±0,03**	**±0,002**			
			24 Декабря	8	Поѣздка въ Коростышевъ; 790 километровъ по жел. дорогѣ и 215 килом. на лошадяхъ.
			9 Января	3	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1887 г.	11	10		99,845	100,056	100,076	761,58	762,0
15 Января		15	—0,211					
		31		99,846	100,055	100,071	61,50	61,9
		38	—0,209					
		54		99,838	100,050	100,061	61,36	61,6
	12	00	—0,212					
		16		99,833	100,043	100,058	61,17	61,5
		21	—0,210					
		57		99,826	100,035	100,051	60,95	61,3
	1	02	—0,209					
	Среднее		**—0,210**					
			±0,001					
7 Марта	10	00	*—0,155**					
		16		99,387	99,588	99,607	748,84	749,3
		21	—0,201					
		38		99,385	99,588	99,605	48,84	49,3
		50	—0,203					
	11	09		99,378	99,583	99,596	48,71	49,0
		16	—0,205					
		35		99,365	99,570	99,587	48,36	48,8
		45	—0,205					
	12	00		99,343	99,552	99,567	47,88	48,2
		07	—0,209					
	Среднее		**—0,205**					
			±0,002					

10	11	12	13	14	15
0,020	0,49	0,231			
0,016	0,44	0,225			
0,011	0,31	0,223			
0,015	0,40	0,225			
0,016	0,44	0,225			
0,0156	**0,42**	**0,226**			
±0,002	**±0,05**	**±0,002**			
0,019	0,51	0,220			
0,017	0,47	0,220			
0,013	0,38	0,222			
0,017	0,45	0,222			
0,014	0,48	0,223			
0,0160	**0,46**	**0,221**			
±0,002	**±0,04**	**±0,001**			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10 Марта	2	34		99,026	99,231	99,249	739,29	739,77
		40	—0,205					
	3	00		99,026	99,232	99,249	39,31	39,75
		07	—0,206					
		22		99,024	99,231	99,245	39,29	39,67
		27	—0,207					
		42		99,024	99,233	99,247	39,34	39,70
		47	—0,209					
	4	02		99,015	99,225	99,242	39,13	39,57
		07	—0,210					
	Среднее		**—0,207**					
			±0,002					
10 Апрѣля	9	30		99,188	99,391	99,405	743,56	743,92
		36	—0,203					
	10	57		99,189	99,393	99,409	43,61	44,03
		03	—0,204					
		17		99,191	99,396	99,412	43,69	44,11
		23	—0,205					
		49		99,196	99,401	99,417	43,82	44,26
		56	—0,205					
	11	12		99,203	99,408	99,424	44,01	44,43
		20	—0,205					
	Среднее		**—0,204**					

10	11	12	13	14	15
0,018	0,48	0,223			
0,017	0,44	0,223			
0,014	0,38	0,221			
0,014	0,36	0,223			
0,017	0,42	0,227			
0,0160	**0,42**	**0,223**			Поѣздка въ Одессу, Елисаветградъ и Златополь; по желѣзной дорогѣ и на лошадяхъ 75 километровъ.
±0,002	**±0,04**	**±0,001**	22, 23, 24 и 25 Марта	14	
0,014	0,36	0,217			
0,016	0,42	0,220			
0,016	0,42	0,221			
0,016	0,44	0,221			
0,016	0,42	0,221			
			10 Апрѣля	8	въ качающемся аппаратѣ.
0,0156	**0,41**	**0,220**	20 Мая	4	
			22 Мая	3	
±0,001	**±0,02**	**±0,001**	5 Іюня	3	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6 Іюня	10	12		99,240	99,449	99,466	745,11	745,56
		17	—0,209					
		33		99,239	99,451	99,466	45,16	45,57
		38	—0,212					
		55		99,238	99,449	99,464	45,11	45,52
	11	00	—0,211					
		26		99,241	99,452	99,468	45,19	45,61
		31	—0,211					
		53		99,240	99,451	99,467	45,16	45,60
		59	—0,211					
	Среднее		**—0,211**					
			±0,001					
10 Іюля	11	15	*—0,159**					
		26		99,217	99,424	99,436	744,44	744,77
		32	—0,207					
		47		99,207	99,416	99,432	44,23	44,65
		52	—0,209					
	12	05		99,203	99,412	99,428	44,12	44,55
		13	—0,209					
	2	00		99,189	99,397	99,414	43,72	44,17
		05	—0,208					
		18		99,186	99,397	99,414	43,72	44,17
		25	—0,211					
	Среднее		**—0,210**					
			±0,001					

10	11	12	13	14	15
0,017	0,45	0,226			
0,015	0,41	0,227			
0,015	0,41	0,226			
0,016	0,42	0,227			
0,016	0,44	0,227			
0,0158	**0,43**	**0,227**			
±0,001	**±0,02**	**±0,001**			
0,012	0,33	0,219			
0,016	0,42	0,225			
0,016	0,43	0,225			
0,017	0,45	0,225			
0,017	0,45	0,228			
0,0156	**0,42**	**0,224**			
±0,001	**±0,03**	**±0,002**			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17 Іюля	10	32	*—0,164**					
		49		99,225	99,435	99,451	744,73	745,17
		57	—0,210					
	11	22		99,222	99,431	99,450	44,63	45,30
		29	—0,209					
		45		99,219	99,431	99,448	744,63	745,06
		51	—0,212					
	12	45		99,232	99,446	99,460	45,03	45,40
		53	—0,214					
	1	06		99,217	99,430	99,449	44,60	45,10
		13	—0,213					
	Среднее		**—0,212**					
			±0,002					
4 Сен-	2	45	*—1,501**					
тября	3	18		99,493	99,694	99,710	751,70	752,16
		25	—0,201					
		57		99,483	99,687	99,703	51,51	51,95
	4	02	—0,204					
		17		99,478	99,685	99,700	51,46	51,86
		23	—0,207					
	5	15		99,465	99,670	99,685	51,05	51,46
		21	—0,205					
		32		99,460	90,667	99,684	50,96	51,44
		38	—0,207					
	Среднее		**—0,205**					
			±0,002					

10	11	12	13	14	15
0,016	0,44	0,226			
0,019	0,50	0,228			
0,017	0,43	0,229			
0,014	0,37	0,228			
0,019	0,50	0,232			
0,0170	**0,45**	**0,229**			
±0,002	**±0,04**	**±0,002**			
0,016	0,46	0,217			
0,016	0,44	0,220			
0,015	0,40	0,222			
0,015	0,41	0,220			
0,017	0,48	0,224			
0,0158	**0,44**	**0,221**			
±0,001	**±0,03**	**±0,002**			